

ИНВАР ЭФФЕКТ В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ VT16

Степанов С.И., Романов В.А., Иванова М.А., Рыжков М.А.

Руководитель – проф., к.т.н. Демаков С.Л.

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г.Екатеринбург

s.i.stepanov@urfu.ru

В работе методами рентгеноструктурного фазового анализа, дилатометрического анализа и растровой электронной микроскопии изучено влияние холодной деформации на температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) прутков из титанового сплава VT16. Зафиксировано состояние сплава с отрицательным 1D(одномерным) инвар-эффектом в температурном интервале $-140...+80^{\circ}\text{C}$, повторяющемся при повторном нагреве. Получены данные по влиянию фазового состава и текстуры на ТКЛР сплава.

В последнее десятилетие в литературе [1] большой интерес привлекли псевдо – β – титановые сплавы (GumMetals), в которых зафиксировано наличие инвар-эффекта. В основном это явление связывают с протеканием обратного мартенситного превращения, т.е. эффектом памяти формы[2]. Однако строгой теории описывающей аномальное поведение температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) к данному времени не было представлено. В данной работе использовался сплав VT16 мартенситного класса, что позволяет зафиксировать в структуре большее количество мартенсита, а следовательно более подробно изучить это явление.

Прутки сплава были получены по промышленной технологии с заключительной операцией – волочением в $(\alpha+\beta)$ -области на диаметр 5,3 мм. Температура закалки прутков, близкая критической(около 760°C), выбиралась в соответствии с диаграммой, представленной в работе[3]. В дальнейшем образцы были подвергнуты деформациирастяжением в разрывной машине Instron с использованием механического экстензометра со скоростью деформации 1 мм/мин. Нагружение останавливалось при достижении заданных степеней общей деформации 0,7, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8%.

Качественный фазовый состав образцов определяли на установке «BrukerAdvance - D8» в медном излучении в диапазоне углов $2\theta = 33...85^{\circ}$.

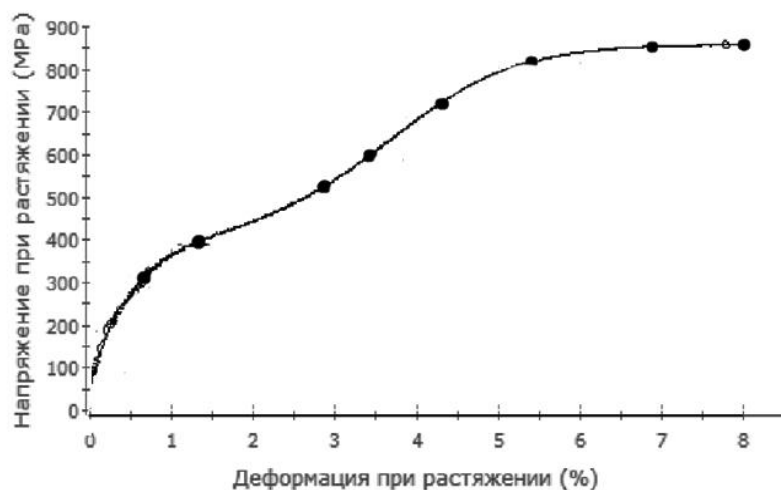


Рис.1 Диаграмма растяжения образцов

Терморентгеноструктурный фазовый анализ проводился с использованием температурной камеры AntonPaar НТК 1200N в интервале температур 30...550 °С с шагом 50 °С. Дилатометрический анализ проводили на дилатометре Linseis L75VD1600C в интервале температур -140...80 °С с шагом 20 °С.

При исследовании сплава ВТ16, закаленного на мартенсит, с помощью терморентгенографии было обнаружено anomальное поведение линий – $(020)_{\alpha''}$ и $(021)_{\alpha''}$, связанное с их смещением в сторону больших углов. Это свидетельствует о сжатии решетки α'' -мартенсита вдоль этих направлений с повышением температуры. В то время как периоды “а” и “с” закономерно увеличиваются, период “b” уменьшается, что представлено на рис.2. Суммарное расширение образца при нагреве соответствовало обычным значениям для титановых сплавов.

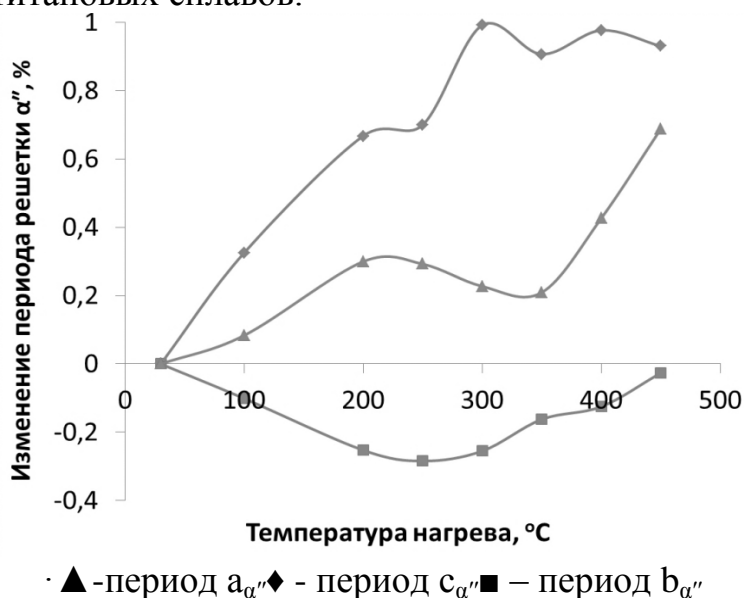


Рис.2 График изменения периодов решетки α'' -мартенсита при нагреве

Известно [4], что для данного сплава, закаленного на механически нестабильную β -фазу, возможна реализация деформационно-индуцированного (ДИ) $\beta \rightarrow \alpha''$, причем полнота превращения определяется степенью деформации, при этом сохраняется ориентационное соотношение $[[110]]_{\beta} \rightarrow [[020]]_{\alpha''}$.

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что на образцах с исходной аксиальной текстурой $[110]_{\beta}$ волочения, можно получить одномерный (1D) эффект инвара при условии формирования преимущественной ориентировки $\langle 020 \rangle_{\alpha''}$ вдоль направления деформации за счет протекания ДИ превращения.

Анализ дилатограмм деформированных образцов показал, что в зависимости от степени деформации и соответственно изменения объемной доли фаз (β и α''), ход кривой деформированных образцов испытывает значительные изменения от нормального теплового сжатия до расширения для закаленного образца при пониженных температурах. Даже при незначительной деформации – 1% ТКЛР уменьшается в 2 раза по сравнению с закаленным состоянием (рис. 3).

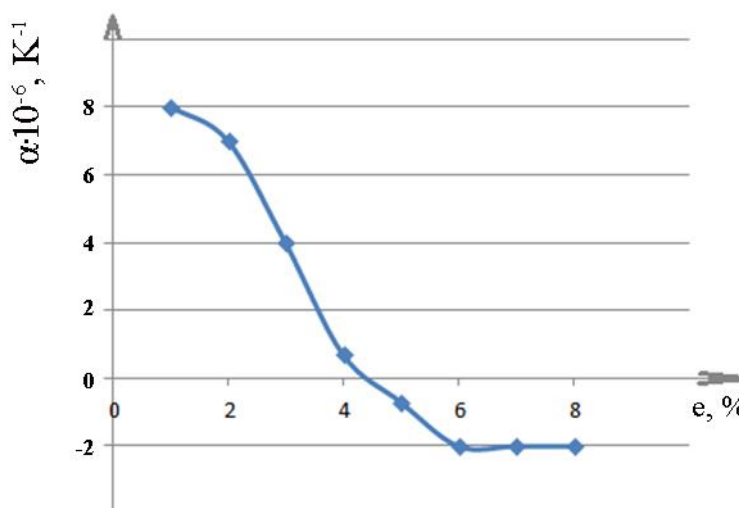


Рис. 3 График зависимости ТКЛР от степени деформации

При проведении 5-ти кратного цикла нагрев-охлаждение эффект полностью сохраняется. Эффект стабилен в температурном интервале $-140..+80^{\circ}C$ для данной температуры закалки сплава.

Разработаны режимы термдеформационной обработки позволяющие получать заданный ТКЛР сплава в широком диапазоне.

Работа проведена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки в рамках выполнения госзадания УрФУ №2014/236.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Saito T. et. al. Multifunctional Alloys Obtained via a Dislocation-Free Plastic Deformation Mechanism // Science, Vol. 300, 2003, Pages 464-467.
2. Мальцев М.В., Кашников Н.И. Титан и его сплавы. // МиТОМ, №9, 1983, с. 25-26.
3. Попов А.А., Илларионов А.Г., Степанов С.И., Елкина О.А., Ивасишин О. М. Влияние температуры закалки на структуру и свойства титанового сплава ВТ16. Структура и фазовый состав. ФММ, том 115, № 5, 2014, с. 539-548.
4. Багаряцкий Ю.А. Метастабильные фазы в сплавах титана с переходными элементами / Ю.А. Багаряцкий, Т.В. Тягунова, Г.И. Носова // Проблемы металловедения и физики металлов: сб. М.: Металлургиздат, 1958. с. 210-234.